

(37) 汚泥集約処理における返流水処理システムの開発
(近隣の処理場に返流する場合)

Development of Reject Water Treatment System from Centralized Sludge Treatment Process
(Return to a Wastewater Treatment Plant in the proximity)

米山 豊*、本間康弘*、黄 龍雨**、田中俊博*
石井英俊***、上野孝司***、野口 廣***

Yutaka YONEYAMA*, Yasuhiro HONMA*, Yongwoo HWANG**, Toshitiro TANAKA*
Hidetoshi ISHII***, Kouji UENO***, Hiroshi NOGUCHI***

ABSTRACT ; A reject water treatment system was developed for treating reject water from a centralized sludge treatment process and transmitting the effluent to an adjacent sewage treatment plant. This system comprises a pre-treatment process, featuring a pellet blanket separator with thickener for SS and phosphorous removal, and a biofiltration process, featuring the use of floating media for removal of organic pollutants and nitrogen. Studies were made using a pilot plant (treatment capacity : about 1m³/hr) and the reject water was drawn from a mixed sludge centrifugal thickening process. A high sludge concentration of 3% was observed after 3 hours of thickening during pre-treatment (solid load : 50-200kg/m² per day). The effective inorganic coagulant (aluminium sulfate) dosage for attaining the target water quality was found to depend on influent SS and phosphorus concentrations (either 0.05mgAl₂O₃/mgSS or 1.8mgAl₂O₃/mgPO₄-P, used depending on whichever concentration was higher). As for the biofiltration process, a high denitrification rate (exceeding 1.3kg-N/m³ per day) was achieved in the denitrification column at a low water temperature of 15°C. Residual S-BOD, after completion of the denitrification column. Moreover, a nitrification rate of 0.3kg-N/m³ per day was achieved in the nitrification column by reducing the S-BOD load to below 1kg-BOD/m³ per day. Such results of the reject water treatment system demonstrated that this system was capable of effectively treating reject water from a centralized sludge treatment process, to a quality equivalent to that of primary settling tank effluent.

KEYWORDS ; Reject water, Pellets blanket separator with thickener, SS, BOD, phosphate, nitrogen, Biofilm reactor, Nitrification, Denitrification, Floating media

1. はじめに

近年、下水道の普及率の増加とともに都市部では汚泥の処理・処分が大きな問題となっており、汚泥を効率的に処理するための集約化が進められている¹⁾²⁾³⁾。汚泥集約処理施設で発生する返流水中には高濃度のSS、BOD、窒素及びりんが含まれるため、SS、BOD以外の窒素、りん処理も含めた高度処理を行う必要がある。また、返流水は大量かつ高濃度であるため、従来のように近隣の下水処理場に戻すと、下水処理に影響を及ぼす。このため、負荷量を低減する必要がある。また、汚泥集約処理施設においては敷地面積に制約があり、コンパクトな返流水処理方式が要求される。

このような背景のもと、筆者等は汚泥集約処理の返流水の効率的な処理方式として、SS、りんの除去を目的とした前処理プロセスと有機汚濁物質、窒素の除去を目的とした生物処理プロセス及び後処理からなる処理システムの開発を行ってきた⁴⁾⁵⁾。前処理プロセスでは、凝集処理と濃縮槽を一体型にした高速造粒沈殿処理⁶⁾を適用し、生物処理においては粒径の大きな浮上性のろ材を使用した生物膜処理を適用することで、システムのコンパクト化を図った。

ここでは、近隣の下水処理場に返流する場合の返流水処理システムの設計条件及び操作条件の確立を目的に、高速造粒沈殿処理ではSS、りんの処理性能の把握、生物膜処理では窒素処理性能の把握を行った。

* (株) 荏原製作所 Ebara Corporation

** (株) 荏原製作所 Ebara Corporation (現 Inha University Dept. of Environmental Engineering KOREA)

*** 東京都下水道局 Tokyo Metropolitan Government Bureau of Sewerage

2. 汚泥集約処理の返流水処理の概要

汚泥処理に嫌気性消化施設を含まない場合、汚泥集約処理施設から発生する汚濁物濃度の高い排水は、濃縮工程からの排水、脱水工程からの排水である。したがって、対象返流水を両工程からの排水とした。表-1に返流水の平均水質（推定値）を示す。

表-1 返流水の平均水質（推定値）

水質項目	濃度(mg/L)
M-アルカリ度	300
SS	1120
T-P	70
PO ₄ -P	40
T-N	180
NH ₄ -N	70
T-COD	550
S-COD	130
T-BOD	1280
S-BOD	360

返流水の水質は、各数値とも流入下水の 5 から 10 倍程度の濃度であり、特に溶解性汚濁濃度の高いのが特徴である。これは、長距離の送泥の間に汚泥が腐敗・可溶化するためである。

図-1 に実験で採用した返流水処理フローを示す。返流水中の SS は 1000mg/L 前後の高濃度であるため、生物膜処理の前で SS を除去する凝集処理を行う。通常の凝集沈殿処理では凝集汚泥の処理に別途濃縮槽が必要となることから、設備のコンパクト化のため前処理には濃縮槽を一体型にした高速造粒沈殿を用いた。凝集処理において無機凝集剤を使用することで、SS 除去と同時にりん除去ができる。高速造粒沈殿処理の処理水目標値は SS100mg/L 以下、PO₄-P5mg/L 程度とした。りんの処理目標値は返流水中に含まれる溶解性りんは大半オルトリン酸の形態をしているため、前処理で除去されるりんについては PO₄-P を指標とした。また、前処理施設からの排出汚泥は汚泥処理施設に戻すため、排泥濃度は 1 % 以上とした。

返流水の S-BOD/NH₄-N=5.1 であり、生物学的な窒素処理を行う上で脱窒用の水素供与体は原水中の S-BOD を利用できるため、生物膜処理は、脱窒槽、硝化槽からなり、硝化液を循環して脱窒処理する方式とした。下水の高度処理に適用されている生物膜ろ過処理では処理効率を上げるために粒径 2～3mm のろ材を使用している⁷⁾。返流水のように高濃度の BOD、窒素を含むため、ろ材粒径を大きくし、なるべく流入 SS をろ層に捕捉せずに処理水と共に系外に流出させ、脱窒槽では脱窒菌、硝化槽では硝化菌を生物膜に多く付着させるようにした⁸⁾。

返流水を近隣の下水処理場に返流するため、生物処理後の処理目標水質を最初沈殿池並みとした。生物膜処理の洗浄排水は近隣の処理場に返流することとした。

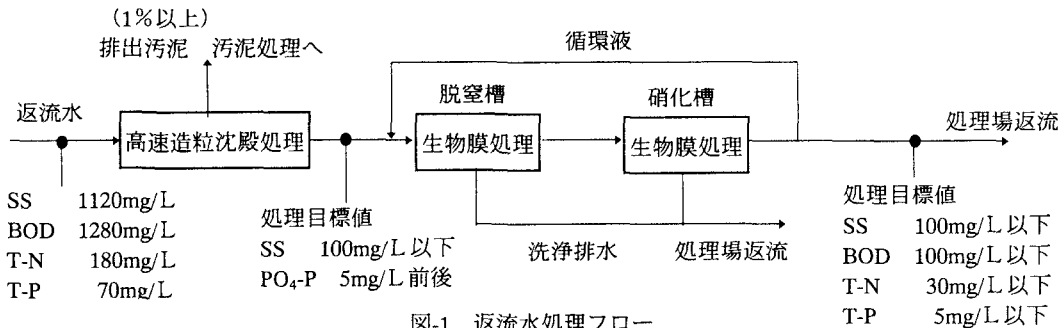


図-1 返流水処理フロー
(近隣の下水処理場に返流する場合)

3. 実験装置と実験方法

3.1 供試返流水について

本実験では、送泥距離約 12km で送られてきた汚泥を遠心濃縮し、その分離液を返流水とみなし、実験に用いた。遠心濃縮機は送泥汚泥濃度に応じてカチオンポリマを SS 当り 0.1% 添加して運転を行い、分離液の SS 濃度は 1000mg/L 前後になるようにした。

3.2 高速造粒沈殿処理

(1) 連続実験処理

図-2 に濃縮槽付き高速造粒沈殿処理の実験装置を示す。実験装置は内径 ϕ 600mm、高さ 3440mm、容量 645L である。返流水は迂流式混合装置で凝集後、装置上部の内筒に下向流で入る。次いで、フロック形成槽に流入し、固液分離後、処理水は装置上部より流出し、凝集汚泥は装置下部の濃縮部を経て排出される。汚泥の引き抜きは間欠引き抜きで行った。無機凝集剤は実験の初期においては PAC を用いたが、薬品コスト、汚泥の濃縮性を考慮して硫酸ばん土を主に用いた。注入量は処理水の $\text{PO}_4\text{-P}$ が 5mg/L になるように調整した。凝集 pH を 6.5 に設定し、アニオンポリマ注入量は 2mg/L とした。アニオンポリマは硫酸ばん土注入、pH 調整後生成した凝集汚泥を沈降濃縮性の高い汚泥性状にするために用いた。なお、槽全体の分離速度を 60~200 m/日とし、固形物負荷を $120\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ になるように運転を行った。

(2) 無機凝集剤注入量と原水性状の検討

SS 800~1600mg/L、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 20~70mg/L の返流水を対象に、SS 処理目標値 100mg/L 以下、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 処理目標値 5mg/L になる硫酸ばん土の注入量をジャーテスターによる凝集試験で検討した。

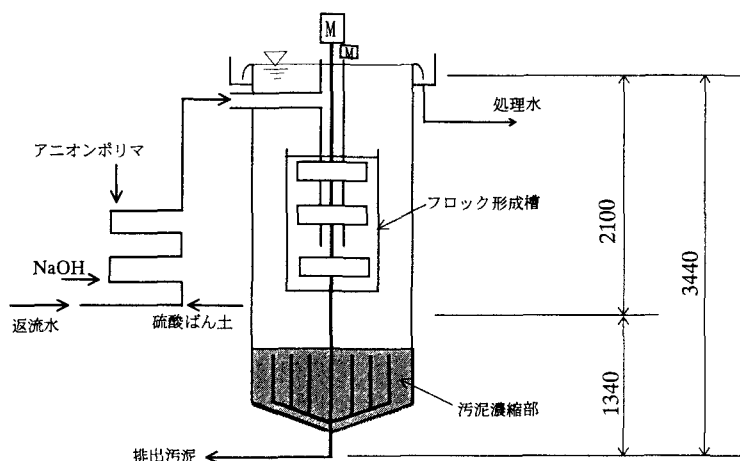


図-2 高速造粒沈殿処理装置

3.3 生物膜処理

(1) 実験装置と実験方法

実験装置のフローを図-3 に示す。脱窒槽は内径 ϕ 800mm、硝化槽は内径 ϕ 1000mm のカラムを使用し、有効径 5.6mm の発泡ポリスチレン製の浮上ろ材を脱窒槽、硝化槽それぞれに 2m 充填した。両槽とも通水方向は上向流とした。脱窒槽では通水処理時にろ材層上部から 0.9m の位置に設置した通気管（中間通気管）より通気した。ろ材層の洗浄時には装置下部の通気管を使用した。硝化槽では装置下部に通気管を設置し、通水処理時及びろ材層の洗浄時に共用した。

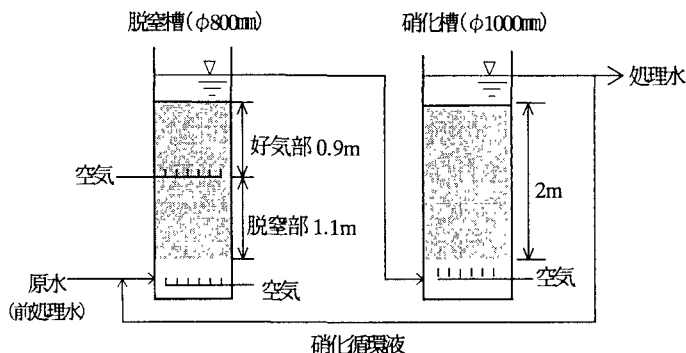


図-3 生物膜処理フロー

(2)実験条件

表-2 に実験条件を示す。原水には返流水の高速造粒沈殿処理水を用いた。実験区 1（5/8～9/12 の期間）では循環水量を原水の 5 倍（循環比 5Q）、実験区 2（9/26～12/19 の期間）では循環水量を原水の 2 倍（循環比 2Q）に設定した。水温及び原水の窒素濃度に応じて硝化槽の $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷が適正となるように原水水量を設定した。その結果、両槽の通水速度は各実験区で約 2 倍の幅で変化した。

表-2 実験条件

		実験区1 (5/8～9/12)	実験区2 (9/26～12/19)
水 温 (°C)		18～30	13～24
循 環 比		5Q	2Q
通水速度 (m/d)	脱窒槽	100～225	55～120
	硝化槽	60～140	35～75
通気速度 ($\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{分}$)	脱窒槽 好気部	0.14	0.14
	硝化槽	0.19	0.19
脱窒部の $\text{NO}_x\text{-N}$ 負荷 ($\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{日}$)		0.6～1.8	0.6～1.1
硝化槽の S-BOD 負荷 ($\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{日}$)		0.2～1.3	0.1～1.1
硝化槽の $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷 ($\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{日}$)		0.3～0.8	0.3～0.8

注) 通水速度は原水＋硝化循環液の値

3. 4 分析方法

水質分析は下水道試験方法に準拠して行った。

4. 実験結果と考察

4. 1 高速造粒沈殿処理実験

(1)連続処理運転結果

図-4 に高速造粒沈殿処理の水質経日変化を示す。全体的にみると、処理水 S S は 100mg/L であった。一方、りんは処理目標値 5mg/L 前後にばらつきが多く見られた。これは無機凝集剤の注入量が原水りん濃度により左右されることが多かったためと考えられる。硫酸ばん土を無機凝集剤に使用した期間（6/18～12/19）の処理結果のまとめを表-3 に示す。平均値でみると、分離速度 91 m/日 、固形物負荷 $101\text{ kg}/\text{m}^2\cdot\text{日}$ において、原

水 SS 濃度 798mg/L に対して処理水 SS 濃度 45mg/L (SS 除去率 94.3%)、原水 PO₄-P 濃度 36.6mg/L に対し、処理水 PO₄-P 濃度 4.7mg/L (PO₄-P 除去率 87.1%)、排出汚泥濃度 1.6% であり、処理目標値を満足している。なお、硫酸ばん土の注入量は Al/P モル比で 1.1 てあった。

表-3 高速造粒沈澱処理結果(平均値)

	原水	処理水 (除去率%)
pH (－)	7.1	7.0
SS(mg/L)	798	45 (94.3)
PO ₄ -P(mg/L)	36.6	4.7 (87.1)
槽全体の分離速度 91 m/日、固形物負荷 101kg/m ² ・日、硫酸ばん土注入量 1.1 (Al/P モル比)、排泥濃度 1.6%		

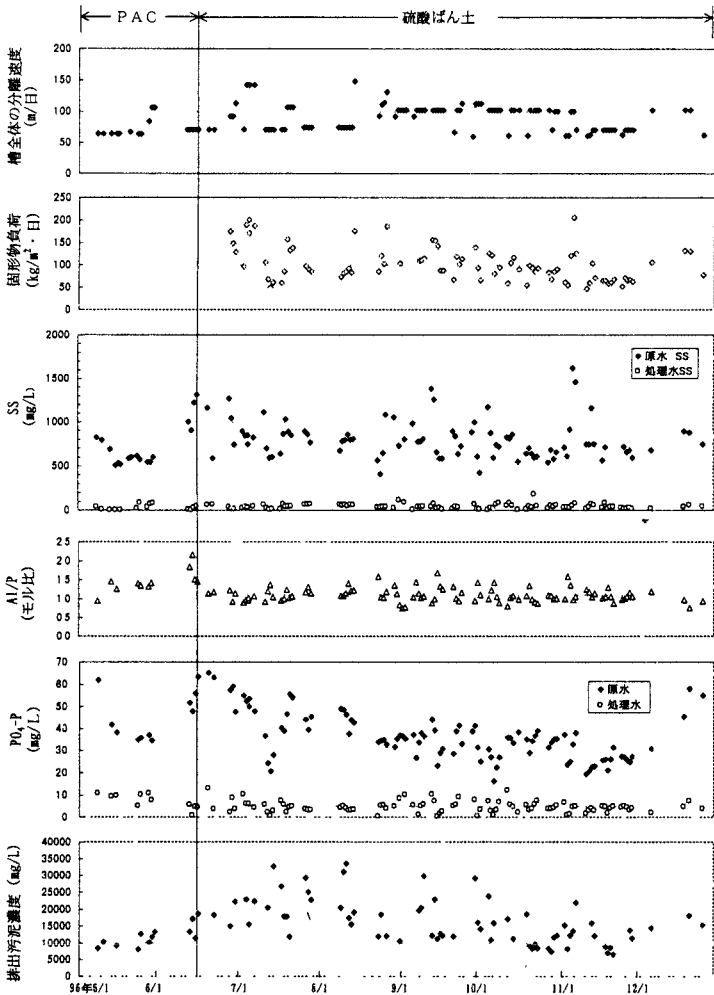


図-4 高速造粒沈澱処理成績

固形物負荷 $50 \sim 200 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{日}$ での装置下部の濃縮部での汚泥滞留時間と排出汚泥濃度の関係を図-5 に示す。汚泥滞留時間は濃縮部の濃縮汚泥容量と汚泥の引き抜き速度とから求めた。汚泥滞留時間 1 時間で目標排出汚泥濃度 1% 以上を概ね満足していた。また、濃縮時間 3 時間で 3% という高い排出汚泥濃度が得られた。このように、濃縮槽付き高速造粒沈殿処理を行うことで、短時間での凝集処理と濃縮操作を同一装置内で行うことができた。

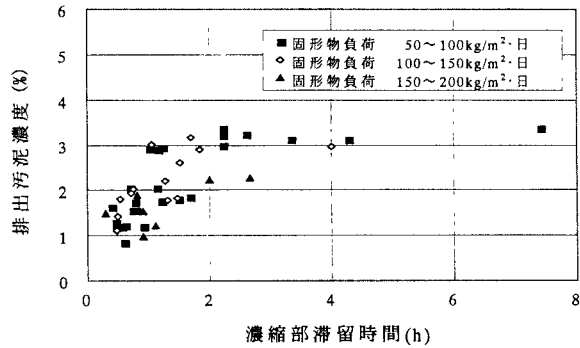


図-5 濃縮時間と排出汚泥濃度の関係

(2) 無機凝集剤注入量と原水性状 (SS、 $\text{PO}_4\text{-P}$) との関係

実際の返流水処理においては、原水 SS 濃度、原水 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が変動するため、目標処理水質を得るための原水性状と無機凝集剤の注入量との関係を把握する必要がある。そこで、無機凝集剤注入量と原水性状 (SS、 $\text{PO}_4\text{-P}$) との関係について検討した。

図-6 に硫酸ばん土注入量と処理水 SS 濃度との関係を示す。図-6 より SS 100 mg/L 以下を満足する返流水の SS 当たりの硫酸ばん土注入量は $0.05 \text{ mg-Al}_2\text{O}_3/\text{mg-SS}$ である。図-7 に硫酸ばん土注入量と処理水 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度との関係を示す。図-7 より処理水 $\text{PO}_4\text{-P}$ 5 mg/L を満足する硫酸ばん土の注入量は返流水の $\text{PO}_4\text{-P}$ に対し、モル比として 1.1 ある。

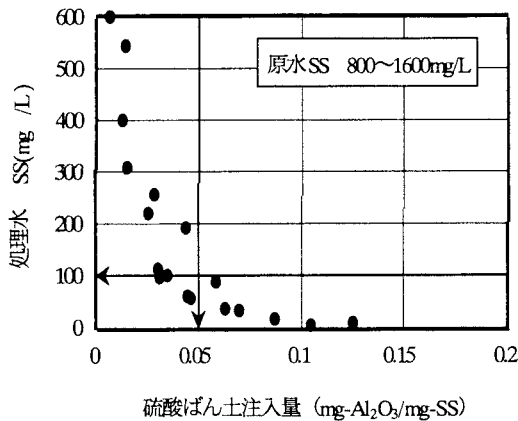


図-6 硫酸ばん土注入量と処理水 SS の関係

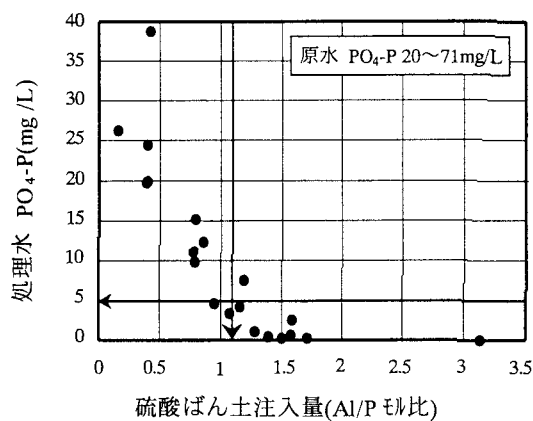


図-7 硫酸ばん土注入量と処理水 $\text{PO}_4\text{-P}$ の関係

次に前記結果をもとに返流水水質と硫酸ばん土注入量の関係を図-8に示す。返流水の $\text{PO}_4\text{-P}$ が 30mg/L 以下では、処理水 SS を 100mg/L 以下にする硫酸ばん土注入量は処理水 $\text{PO}_4\text{-P}$ 5mg/L を満足する硫酸ばん土注入量とほぼ同等である。一方、返流水の $\text{PO}_4\text{-P}$ が 30mg/L 以上になると処理水 $\text{PO}_4\text{-P}$ 5mg/L を満足する硫酸注入量は処理水 SS を 100mg/L 以下にする硫酸ばん土注入量のよりも多くなる。すなわち、SS 濃度 1080mg/L では、硫酸ばん土の注入量は $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度 30mg/L 以上となるとりん律速となり、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度 30mg/L 以下となると SS 律速となる。

このように、SS、りんの目標水質を満足する無機凝集剤の注入量は原水 SS 当りの注入量 ($0.05\text{mgAl}_2\text{O}_3/\text{mgSS}$)と原水りん当りの注入量 ($1.8\text{mgAl}_2\text{O}_3/\text{mgPO}_4\text{-P}$) のどちらか多い方を選んで注入すれば良いことがわかった。

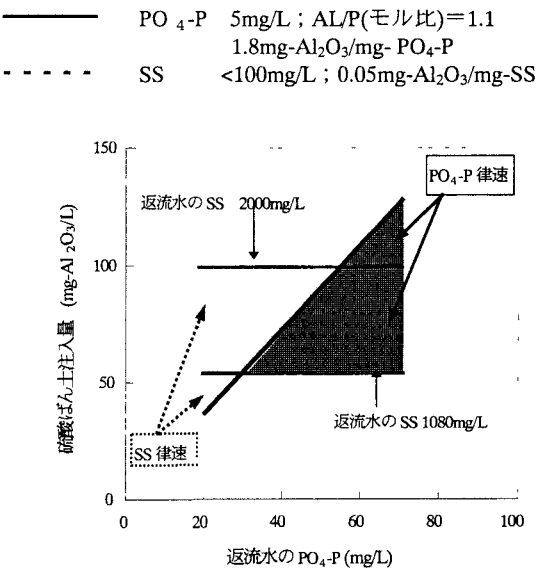


図-8 返流水の水質と硫酸ばん土注入量の関係

4.2 生物膜処理実験

(1)窒素処理成績の概要

窒素処理成績の経日変化を図-9に示す。実験区1ではT-N濃度は生物膜処理原水（以後原水と記す。）で $57\sim128\text{mg/L}$ 、処理水で $10\sim23\text{mg/L}$ であり、T-N 除去率は平均で 83%であった。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は原水で $55\sim122\text{mg/L}$ 、処理水で $0.1\sim6.0\text{mg/L}$ であり、硝化槽の $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷は $0.3\sim0.8\text{kg-N/m}^3\cdot\text{日}$ 、硝化速度は $0.3\sim0.6\text{kg-N/m}^3\cdot\text{日}$ であった。脱窒槽流入水 $\text{NO}_x\text{-N}$ は $6.7\sim12.3\text{mg/L}$ 、脱窒槽脱窒部流出水の $\text{NO}_x\text{-N}$ は $0.1\sim3.1\text{mg/L}$ であり、脱窒槽脱窒部での $\text{NO}_x\text{-N}$ 負荷は $0.6\sim1.8\text{kg-N/m}^3\cdot\text{日}$ 、脱窒速度は $0.6\sim1.6\text{kg-N/m}^3\cdot\text{日}$ であった。ここで脱窒槽流入水は原水と循環水の混合液である。

実験区2ではT-N濃度は原水で $45\sim83\text{mg/L}$ 、処理水で $16\sim32\text{mg/L}$ であり、T-N 除去率は平均で 66%であった。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は原水で $42\sim71\text{mg/L}$ 、処理水で $0.4\sim10.0\text{mg/L}$ であり、硝化槽の $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷は $0.3\sim0.8\text{kg-N/m}^3\cdot\text{日}$ 、硝化速度は $0.3\sim0.5\text{kg-N/m}^3\cdot\text{日}$ であった。脱窒槽流入水 $\text{NO}_x\text{-N}$ は $7.2\sim11.3\text{mg/L}$ 、脱窒槽脱窒部流出水の $\text{NO}_x\text{-N}$ は $0.2\sim1.2\text{mg/L}$ 、脱窒槽脱窒部での $\text{NO}_x\text{-N}$ 負荷は $0.6\sim1.1\text{kg-N/m}^3\cdot\text{日}$ 、脱窒速度は $0.6\sim1.1\text{kg-N/m}^3\cdot\text{日}$ であった。

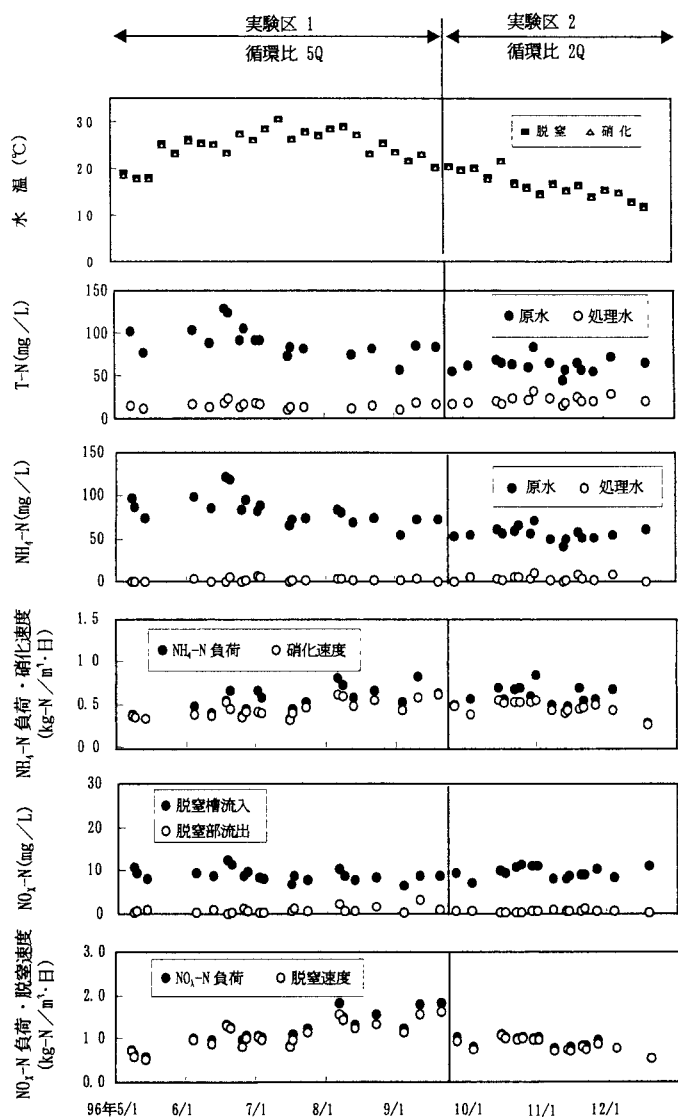


図-9 窒素処理成績の経日変化

表-4に各区の平均水質を示した。原水のBOD及び窒素濃度は実験区1では実験区2よりも1.5～2倍高い値であり、原水のS-BOD/NH₄-N比は4～5倍であった。処理水SSは約10mg/Lであり、SS除去率は70～80%、処理水BODは約20mg/Lであり、BOD除去率は90%以上であった。このように実験区1、2ともに循環比に応じた窒素除去率がえられ、目標T-N30mg/Lの処理水質を満足していた。

表-4 生物膜処理の平均水質

		実験区 1		実験区 2	
		原水	処理水	原水	処理水
pH	(-)	7.1	7.3	7.3	7.3
M-ALK	(mg/L)	252	100	237	126
SS	(mg/L)	39.3	7.0	45.6	12.6
BOD	(mg/L)	476	17	263	25
S-BOD	(mg/L)	407	4	215	4
COD	(mg/L)	104	24.2	81.9	23.4
S-COD	(mg/L)	85.5	21.4	57.6	19.1
T-N	(mg/L)	90.2	15.0	63.0	21.5
Org-N	(mg/L)	6.5	2.4	7.3	2.4
NH ₄ -N	(mg/L)	83.7	1.9	55.7	3.8
NO _x -N	(mg/L)	—	10.8	—	15.5
BOD 除去率		96%		90%	
T-N 除去率		83%		66%	

(2)硝化槽、脱窒槽の層別分析結果

硝化槽での NH₄-N の挙動、脱窒槽での NO_x-N、BOD の挙動を調べるため、層別の水質分析を行った。図-10 に硝化槽の層別分析結果を示す。また、図-11 に脱窒槽の層別分析結果を示す。

図-10 からわかるように、硝化反応は全槽でほぼ均一に行われており、循環比 2Q で流入 NH₄-N は 20.8mg/L、流出 NH₄-N は 2.6mg/L であった。水温 17.9℃、硝化槽の S-BOD 負荷 0.13kg/m³・日で硝化速度は 0.53kg-N/m³・日であった。

図-11 からわかるように、流入した NO_x-N は 13.2mg/L であり、ろ材層下部 40cm でほぼ完全に除去された (NO_x-N=0.8mg/L)。脱窒部の脱窒速度は脱窒部全体でみると 0.49kg-N/m³・日となる。ろ材層下部 40cm での脱窒速度は水温 13℃ の条件でも 1.34kg-N/m³・日と高い値であった。この時、ろ材層下部 40cm の部分での Δ S-BOD/ Δ NO_x-N は 4.4 であった。流入 S-BOD は 142mg/L であり、脱窒反応が終了した段階で残留していた S-BOD は 80mg/L であった。これを、脱窒槽上部で中間通気を行うことで 16mg/L まで低減した。この時の脱窒槽好気部での S-BOD 除去速度は 3.1kg/m³・日であった。

このように、返流水処理の場合、水温 15℃ 以下においても脱窒速度は 1.3kg-N/m³・日以上の高い脱窒速度が維持できるため、脱窒槽の省スペース化が可能となる。脱窒速度が高いのは脱窒槽流入水 BOD/N 比が高いためである。また、脱窒槽で中間通気を行い、S-BOD を除去することで硝化槽 S-BOD 負荷を低減し、硝化槽の硝化速度を高めることができたものと考えられる。

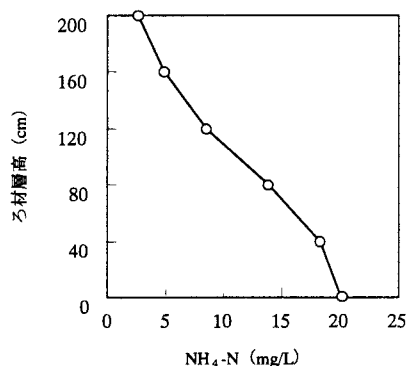


図-10 硝化槽の層別分布結果

水 温 : 17.9℃
 硝化槽の S-BOD 負荷 : 0.13 kg-N/m³・日
 NH₄-N 負荷 : 0.60 kg-N/m³・日
 硝化速度 : 0.53kg-N/m³・日

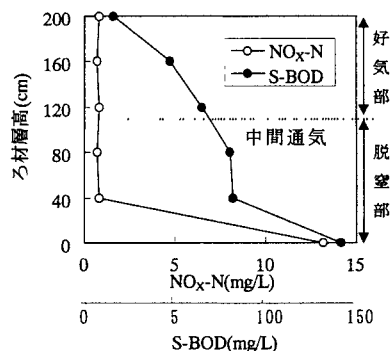


図-11 脱窒槽の層別分析結果

水 温 : 13.0℃
 脱窒部の NO_x-N 負荷 : 0.52kg-N/m³・日
 脱窒部の脱窒速度 : 0.49kg-N/m³・日
 ろ材層下部40cmでの脱窒速度 : 1.34kg-N/m³・日
 脱窒槽好気部の S-BOD 除去速度 : 3.1 kg/m³・日

(3)硝化速度、脱窒速度

全実験区での硝化槽の $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷と硝化速度との関係を図-12 に、脱窒槽脱窒部での $\text{NO}_x\text{-N}$ 負荷と脱窒速度との関係を図-13 に示す。なお、硝化速度については、硝化槽の S-BOD 負荷 $1\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ 以下のものについて整理した。

硝化速度は水温 $15\sim 20^\circ\text{C}$ で $0.3\sim 0.5\text{kg-N}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ 、水温 20°C 以上で $0.4\sim 0.6\text{kg-N}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ であった。水温の低下とともに硝化速度は低下する傾向にあるが、水温 15°C で $0.3\text{kg-N}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ 以上の硝化速度が得られた。循環式硝化脱窒法の活性汚泥処理において 15°C における硝化速度を $1.5\sim 2.0\text{mgN}/\text{gMLSS}\cdot\text{h}^{(9)}$ 、曝気槽の MLSS 濃度 $2500\text{mg}/\text{L}$ とすると、曝気槽容積当りの硝化速度は $0.09\sim 0.12\text{kgN}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ となる。したがって、生物膜処理における硝化速度は活性汚泥処理の $2.5\sim 3.3$ 倍の処理速度があることとなる。

一方、脱窒速度は $\text{NO}_x\text{-N}$ 負荷 $1.5\text{kg-N}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ まではほぼ完全脱窒しており、高い脱窒性能を示した。循環式硝化脱窒法の活性汚泥処理において 15°C における脱窒速度を $2\sim 3\text{mgN}/\text{gMLSS}\cdot\text{h}^{(10)}$ 、曝気槽の MLSS 濃度 $2500\text{mg}/\text{L}$ とすると、曝気槽容積当りの脱窒速度は $0.12\sim 0.18\text{kgN}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ となる。したがって、生物膜処理における脱窒速度は活性汚泥処理の $8.3\sim 12.5$ 倍ときわめて高い処理速度であることがわかる。返流水中の溶解性有機物は酢酸を主体とした低級脂肪酸であることから、酢酸基質を水素供与体にした時の 15°C における脱窒速度を $4\text{mgNO}_3\text{-N}/\text{gMLVSS}\cdot\text{h}^{(10)}$ とすると、容積負荷 $1.5\text{kgN}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ の高速処理を行うためには脱窒槽内の MLVSS 濃度は $15600\text{mg}/\text{L}$ に相当する。

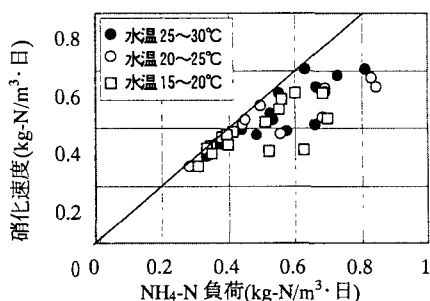


図-12 $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷と硝化速度の関係

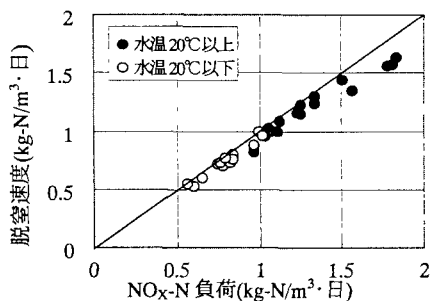


図-13 $\text{NO}_x\text{-N}$ 負荷と脱窒速度の関（脱窒槽脱窒部）

5.まとめ

汚泥集約処理の返流水処理の前処理として高速造粒沈殿処理法、生物処理として浮上ろ材を用いた生物膜処理を適用し、以下の知見が得られた。

- (1) 固形物負荷 $50\sim 200\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{日}$ において、汚泥濃縮時間 3 時間で排泥濃度 3 % という高い排泥濃度が得られた。このように、濃縮槽付き高速造粒沈殿処理を行うことで、短時間での凝集処理と濃縮操作を同一装置内で行うことができた。
- (2) 無機凝集剤の注入量は原水 SS 濃度、りん濃度に左右され、SS、りんの目標水質を満足する無機凝集剤の注入量は硫酸ばん土の場合、原水 SS 当りの注入量 ($0.05\text{mgAl}_2\text{O}_3/\text{mgSS}$) と原水りん当りの注入量 ($1.8\text{mgAl}_2\text{O}_3/\text{mgPO}_4\text{-P}$) のどちらか多い方を選んで注入すれば良いことがわかった。
- (3) 水温 15°C 程度においても $1.3\text{kg-N}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ 以上の高い脱窒速度が得られた。脱窒槽上部で中間通気を行い、脱窒反応終了後に残留した S-BOD を除去し、硝化槽の S-BOD 負荷を $1\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ 以下に低減することで、水温 15°C においても $0.3\text{kg-N}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ 以上の硝化速度が得られた。

本汚泥集約処理における返流水処理システムの処理水は近隣の処理場に返流するので、生物膜処理で発生す

る洗浄排水も近隣の処理場に返流される。洗浄排水は返流量の2割前後であり、洗浄水中の溶解性成分はほぼ処理水に近い水質である。また、洗浄排水のSSの大半が菌体に由来したものであり、沈降性も良いことから、洗浄排水を処理場に返流しても水処理系への影響を及ぼすことはないと考えられる。

以上の結果から、（高速造粒沈殿＋生物膜ろ過処理）からなる返流水処理システムによって、汚泥集約処理施設から発生する返流水を最初沈殿池越流水程度まで効率的に処理する技術を開発することができた。

参考文献

- 1)Suzuki,A., Nakazato,T., Tokyo's strategy for sludge treatment and disposal, WQI,May/June, p.40～43 (1997)
- 2)川口幸男、吉谷真孝、中村芳男：下水汚泥広域処理事業における返流水処理について、月刊下水道、vol.15,No.5、p.18～22 (1992)
- 3)佐藤和明：汚泥集約処理の課題と方向、下水道協会誌、vol.28、No.326、p.6～9 (1991)
- 4)本間康弘、米山豊、石井英俊、：汚泥集約処理施設における高速造粒沈殿処理法の返流水処理への適用、第34回下水道研究発表会講演集、p.824～826 (1997)
- 5)石井英俊、野口廣、米山豊、：汚泥集約処理における返水処理システムの開発、第34回下水道研究発表会講演集、p.827～829 (1997)
- 6)高田純、府中裕一、大里雅昭、：濃縮槽付高速造粒沈殿装置、産業機械、4月号、p.23～25 (1985)
- 7)Yoneyama, Y., Hwang, Y., Nogochi, H., Ishii, H., : High-rate denitrification of reject water from a sludge treatment process, 6th IAWQ Asian-pacific regional conference (1997)
- 8)佐久間博司、牧恭子、田中俊博、加太孝幸、：浮上ろ材を用いた生物膜ろ過法による窒素除去（第2報）、第33回下水道研究発表会講演集、p.606～608 (1996)
- 9)社団法人日本下水道協会：高度処理施設設計マニュアル（案）（1994）
- 10)Henze. M., et. al : Wastewater Treatment biological and chemical process., Springer－Verlag (1995)